



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO SEMI-ÁRIDO
PRÓ-REITORIA DE GRADUAÇÃO
CENTRO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS E DA SAÚDE
CURSO DE ECOLOGIA

JOSÉ RODRIGO MAIA FREITAS

UTILIZAÇÃO DE MACROINVERTEBRADOS AQUÁTICOS
COMO BIOINDICADORES DA QUALIDADE DE RIACHOS
INTERMITENTES NO SEMIÁRIDO BRASILEIRO

MOSSORÓ

2023

JOSÉ RODRIGO MAIA FREITAS

**UTILIZAÇÃO DE MACROINVERTEBRADOS AQUÁTICOS
COMO BIOINDICADORES DA QUALIDADE DE RIACHOS
INTERMITENTES NO SEMIÁRIDO BRASILEIRO**

Monografia apresentada à Universidade
Federal Rural do Semi-Árido – UFERSA,
Campus Mossoró para a obtenção do título de
Ecólogo

**Orientador (a): Prof.^a Dr.^a Eveline de
Almeida Ferreira/LECOMP**

MOSSORÓ-RN

2023

© Todos os direitos estão reservados a Universidade Federal Rural do Semi-Árido. O conteúdo desta obra é de inteira responsabilidade do (a) autor (a), sendo o mesmo, passível de sanções administrativas ou penais, caso sejam infringidas as leis que regulamentam a Propriedade Intelectual, respectivamente, Patentes: Lei nº 9.279/1996 e Direitos Autorais: Lei nº 9.610/1998. O conteúdo desta obra tomar-se-á de domínio público após a data de defesa e homologação da sua respectiva ata. A mesma poderá servir de base literária para novas pesquisas, desde que a obra e seu (a) respectivo (a) autor (a) sejam devidamente citados e mencionados os seus créditos bibliográficos.

FF866 Freitas, José Rodrigo Maia.
u UTILIZAÇÃO DE MACROINVERTEBRADOS AQUÁTICOS
COMO BIOINDICADORES DA QUALIDADE DE RIACHOS
INTERMITENTES NO SEMIÁRIDO BRASILEIRO / José
Rodrigo Maia Freitas. - 2023.
36 f. : il.

Orientadora: Eveline de Almeida Ferreira.
Monografia (graduação) - Universidade Federal
Rural do Semi-árido, Curso de Ecologia, 2023.

1. Caatinga. 2. Riachos temporários. 3.
Eutrofização. 4. Invertebrados Aquáticos. 5.
Organismos Bentônicos. I. Ferreira, Eveline de
Almeida, orient. II. Título.

Ficha catalográfica elaborada por sistema gerador automático em conformidade
com AACR2 e os dados fornecidos pelo(a) autor(a).
Biblioteca Campus Mossoró / Setor de Informação e Referência
Bibliotecária: Keina Cristina Santos Sousa e Silva
CRB: 15/120

O serviço de Geração Automática de Ficha Catalográfica para Trabalhos de Conclusão de Curso (TCC's) foi desenvolvido pelo Instituto de Ciências Matemáticas e de Computação da Universidade de São Paulo (USP) e gentilmente cedido para o Sistema de Bibliotecas da Universidade Federal Rural do Semi-Árido (SISBI-UFERSA), sendo customizado pela Superintendência de Tecnologia da Informação e Comunicação (SUTIC) sob orientação dos bibliotecários da instituição para ser adaptado às necessidades dos alunos dos Cursos de Graduação e Programas de Pós-Graduação da Universidade.

JOSÉ RODRIGO MAIA FREITAS

**UTILIZAÇÃO DE MACROINVERTEBRADOS AQUÁTICOS COMO
BIOINDICADORES DA QUALIDADE DE RIACHOS INTERMITENTES
NO SEMIÁRIDO BRASILEIRO**

Monografia apresentada à Universidade Federal
Rural do Semi-Árido – UFERSA, Campus
Mossoró para a obtenção do título de Ecólogo

APROVADO EM: 11 / 05 / 2023

BANCA EXAMINADORA

EVELINE

Assinado digitalmente por EVELINE
ND: CN=EVELINE:03928868985, OU=UFERSA -
Universidade Federal Rural Do Semi-Arido, O=ICPEdu, C=BR
Razão:
Localização:
Data: 2023.05.26 09:06:53-03'00'
Foxit PDF Reader Versão: 12.1.0

Prof. a Dr. a Eveline de Almeida Ferreira – UFERSA

Presidente



Documento assinado digitalmente
RODRIGO FERNANDES
Data: 25/05/2023 11:45:01-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof. Dr. Rodrigo Fernandes – UFERSA

Primeiro Membro



Documento assinado digitalmente
GILDERLANIA SILVA DE SOUSA
Data: 26/05/2023 07:30:41-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Msc. Gilderlania Silva de Sousa – UFERSA

Segundo Membro

DEDICATÓRIA

“A Deus e a minha mãe, por nunca desistir de mim e por todo apoio, orações e energias positivas, que me ajudaram a superar essa longa e árdua caminhada, chamada graduação”.

AGRADECIMENTOS

Gostaria primeiramente de agradecer a Deus, sei que durante a graduação me afastei muito do senhor, mas nunca deixei de crer. Apensar de todas as minhas falhas o senhor sempre continuou me guiando, colocando na minha vida pessoas maravilhosas que me ajudaram muito nessa longa trajetória até aqui. Gostaria de agradecer a minha rainha, minha mãe (Rosenilda de Souza Maia), sem a senhora eu não estaria aqui, a senhora sempre foi e sempre será minha maior inspiração, minha heroína, mulher guerreira, minha razão de viver, te amo mãe muito obrigado viu? Outra mulher incrível que conheci ao longo da graduação foi minha Linda e maravilhosa Namorada (futura esposa) Jane Cleide Jenuario Martins, você foi a pessoa mais importante que a faculdade colocou na minha vida, você esteve comigo em momentos que mais ninguém esteve e nunca esquecerei disso, te amo de todo meu coração meu amor. Gostaria de agradecer a todos os meus colegas da turma 2018.1, em especial a Izabya, Lanna Farias, Pedro Paiva, Danicleia Maia, Victor Neudo, Guilherme Costa e Thereza) vocês foram amigos e família por todos esses anos. Meu grande amigo Neudo, você sem sombra de dúvidas é o cara mais inteligente que conheci e me ajudou muito, te amo irmão. A Izabya (dolinho), você sem dúvidas é uma irmã que a universidade me deu, muito obrigado por tudo viu? Enfim, muito obrigado meus amigos de turma vocês são especiais para mim. Quero agradecer também a Danilo e Raytala por todo apoio, vocês são amigos incríveis que vou levar para vida. Agradeço também a toda família REURBS (é muita gente) vocês são incríveis pessoal. Gostaria de agradecer a instituição sem fins lucrativos Ecoando Soluções Ambientais e ao Movimento empresa Junior (MEJ), por todo ensinamento e vivência, com momentos únicos de experiência pessoal e profissional. Aos Laboratórios, LEIAS, LECOMP; LABTOX, THERMOBIO e ECOMAR, muito obrigado. Gostaria de agradecer a todos os professores do curso de ecologia e outros professores, em especial ao Prof. Dr. Leonardo Lelis, Profa. Dra. Emanuele, Prof. Dr. Iberê, Profa. Dra. Luciana Paiva, Profa. Dra. Aline, Prof. Dr. Rodrigo Costa, Prof. Dr. Vitor Lunard e o Prof. Dr. Almir, pelas oportunidades e orientações durante a minha graduação. Quero agradecer a minha orientadora Profa. Dra. Eveline de Almeida, por aceitar esse desafio, não foi fácil, você bem sabe, então muito obrigado. Quero agradecer a UFERSA por todo apoio com equipamentos, espaço, transporte e logística, possibilitando assim a realização do presente trabalho, como também a PROAE pela ajuda na minha permanência na universidade através de bolsas e auxílios adquiridos ao longo da minha graduação. Agradeço a todos que contribuíram de alguma forma no meu TCC, seja nos campos ou com ideias e discursões, em especial a toda família LECOMP e principalmente ao meu amigo Kilder que esteve junto comigo nesses últimos meses, muito obrigado amigo, e valeu galera. Por fim, mas não menos importante, gostaria de agradecer a mim mesmo, por nunca ter desistido diante de todas as dificuldades que só eu e DEUS sabemos, muito obrigado Rodrigo Maia por ter passado por tudo isso e ainda está aqui de pé, com sonhos para realizar, amém.

Resumo

Riachos intermitentes são elementos predominantes no semiárido brasileiro. Esses corpos hídricos desempenham serviços ecológicos de grande importância para as comunidades locais, sendo assim o monitoramento da qualidade desses ambientes é de extrema importância. Dessa forma, o presente estudo teve como objetivo utilizar parâmetros limnológicos e macroinvertebrados aquáticos como bioindicadores para avaliar a qualidade de riachos intermitentes no semiárido brasileiro. Foram realizadas coletas em três trechos de riachos intermitentes pertencentes à Bacia Hidrográfica do rio Apodi / Mossoró (BHRAM). A paisagem de cada trecho foi classificada de acordo com as atividades antrópicas presentes em seu entorno imediato (buffer de 500m). Para avaliar a qualidade abiótica da água, os parâmetros limnológicos medidos em campo foram comparados com os valores exigidos segundo a resolução CONAMA nº 357/05 para águas doces classe I. Além disso, a qualidade dos trechos também foi avaliada com o uso de índices qualitativos (bioindicadores aquáticos), sendo empregado o BMWP (Biological Monitoring Working Party Score System), o ASPT (Average Score Per Taxon) e o EPT (Ephemeroptera, Plecoptera e Trichoptera). Os trechos foram classificados como Trecho Natural, Atividade Urbana e Atividade Rural. Todos os trechos apresentaram alguma irregularidade dos parâmetros limnológicos em comparação com o CONAMA, no entanto, apenas os trechos rural e urbano apresentaram evidências de eutrofização e baixa qualidade da água. No total, foram identificados 1.200 indivíduos, pertencentes a 33 famílias. De maneira semelhante à classificação do Conama, os trechos rural e urbano foram mal avaliados pelo índice ASPT, que os qualificou como de "qualidade duvidosa", e como "ruim" com o índice EPT. Já o trecho natural foi melhor avaliado pelos dois índices (ASPT e EPT). O índice BMWP não foi eficiente em distinguir a qualidade do trecho rural, que recebeu o mesmo status de qualidade que o trecho natural ("bom"). Dessa forma, é possível afirmar que os índices ASPT e EPT parecem ter sido mais eficientes para avaliar a qualidade ambiental dos riachos intermitentes, e os macroinvertebrados se mostraram bons organismos bioindicadores.

Palavras-chaves: Caatinga; Riachos temporários; Eutrofização; Invertebrados Aquáticos; Organismos Bentônicos; CONAMA.

Abstract

Intermittent streams are predominant elements in the Brazilian semi-arid region. These water bodies fulfill ecological services of great importance to local communities, so monitoring the quality of these environments is extremely important. Thus, the present study aimed to use limnological parameters and aquatic macroinvertebrates as bioindicators to assess the quality of intermittent streams in the Brazilian semi-arid region. Samples were taken in three stretches of intermittent streams belonging to the Apodi / Mossoró River Basin (BHRAM). The landscape of each stretch was classified according to the anthropic activities present in its immediate surroundings (500m buffer). In order to evaluate the abiotic quality of the water, the limnological parameters measured in the field were compared with the values required according to CONAMA resolution n° 357/05 for class I fresh water. In addition, the quality of the stretches was also evaluated using qualitative indices (aquatic bioindicators), using the BMWP (Biological Monitoring Working Party Score System), the ASPT (Average Score Per Taxon) and the EPT (Ephemeroptera, Plecoptera and Trichoptera). The stretches were classified as Natural Stretch, Urban Activity and Rural Activity. All stretches showed some irregularity in limnological parameters compared to CONAMA, however, only rural and urban stretches showed evidence of eutrophication and poor water quality. In total, 1,200 individuals belonging to 33 families were identified. Similar to Conama's classification, the rural and urban stretches were poorly evaluated by the ASPT index, which classified them as "doubtful quality", and as "poor" with the EPT index. The natural stretch was better evaluated by the two indices (ASPT and EPT). The BMWP index was not efficient in distinguishing the quality of the rural stretch, which received the same quality status as the natural ("good") stretch. Thus, it is possible to state that the ASPT and EPT indices were efficient to assess the environmental quality of intermittent streams, and the macroinvertebrates proved to be good bioindicator organisms.

Keywords: Caatinga; Temporary streams; Eutrophication; Aquatic Invertebrates; Benthic Organisms; CONAMA.

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1.** Mapa espacial de localização, com a marcação dos trechos de coleta.....16
- Figura 2.** Representação gráfica da extensão dos trechos com seus devidos transectos transversais situados à 0, 16, 32 e 50 metros.....17
- Figura 3.** Coleta dos macroinvertebrados com auxílio de uma Rede Entomológica do tipo D.....18
- Figura 4.** Mapa da classificação dos trechos amostrais de acordo com a cobertura do solo, sendo classificadas como Trecho Natural, Atividade Urbana ou Atividade Rural. Quadro com os valores em proporção das classes em cada trecho de coleta.....23

Lista de Tabelas

Tabela 1. Trechos atribuídos às diferentes famílias de macroinvertebrados aquáticos para obter do BMWP.....	20
Tabela 2. Classes, valores de BMWP, categorias e diagnóstico, onde a soma dos trechos atribuídos às famílias irá diagnosticar os locais em questão.....	21
Tabela 3. Valores de referência do índice ASPT para diagnosticar os locais em questão.....	21
Tabela 4. Classe de qualidade e significado dos valores do índice EPT.....	22
Tabela 5. Valores dos parâmetros limnológicos dos trechos de atividade Natural, Urbana e Rural em comparação com os valores recomendados pela resolução CONAMA nº 357/2005 para águas doces de classe I.....	24
Tabela 6. Famílias encontradas em cada trecho amostral com a pontuação do índice BMWP de cada família e abundância. Número de famílias e pontuação do índice de BMWP final dos três trechos amostrais.....	25
Tabela 7. Resultado dos Índices BMWP, ASPT e EPT nos três trechos amostrais, com a pontuação e a qualidade da água de cada índice para cada trecho.....	27

LISTA DE ABREVIACÕES E SÍMBOLOS

ASPT	Average Score Per Taxon;
BHRAM	Bacia hidrográfica do rio Apodi Mossoró;
BMWP	Biological Monitoring Working Party Score System;
CONAMA	Conselho Nacional de Meio Ambiente;
EPT	Ephemeroptera, Plecoptera e Trichoptera;
OD	Oxigênio dissolvido;
P _{total}	Fósforo total;
STD	Sólidos Totais Dissolvidos.

Sumário

1. INTRODUÇÃO.....	13
2. OBJETIVO.....	14
2.1.OBJETIVOS ESPECIFICOS.....	14
3. MATERIAIS E METODOS.....	14
3.1. Área de estudo.....	14
3.2. Caracterização dos trechos.....	16
3.3. Classificação das áreas.....	17
3.4. Coleta de dados.....	17
3.5. Subamostragem e triagem dos macroinvertebrados.....	19
3.6. Identificação dos macroinvertebrados.....	19
3.7. Critérios de avaliação.....	19
4. RESULTADOS.....	22
4.1. Classificação dos trechos.....	22
4.2. Parâmetros limnológicos.....	23
4.3. Número de famílias dos macroinvertebrados.....	24
4.4. Índices BMWP, ASPT e EPT.....	26
5. DISCUSSÕES.....	27
6. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	30
7. REFERÊNCIAS.....	32

1. INTRODUÇÃO

Os riachos intermitentes, popularmente chamados de riachos temporários, apresentam fluxo de água em seu curso no período chuvoso e com o avanço da estação seca reduzem o fluxo superficial, podendo secar totalmente ou não (LARNED et al., 2010). Na Caatinga esse fenômeno é evidente, pois o regime intermitente é mediado pela sazonalidade, precipitações escassas e irregulares, além da alta porcentagem de evaporação (LEAL et al., 2003).

Apesar de ocorrerem na paisagem por apenas alguns meses, os riachos intermitentes são de extrema importância para a sobrevivência dos seres humanos que vivem nas zonas áridas e semiáridas (MALTCHIK, 1996). Além do uso direto de seus recursos hídricos, esses ecossistemas fornecem diversos serviços ecossistêmicos, tais como: provisão de alimento (peixes, crustáceos), purificação d'água, estoque de carbono e ciclagem de nutrientes (SHIEL et al., 1998). Apesar da sua importância enquanto recurso valioso no semiárido, algo comum dos últimos anos é a poluição antrópica nesses corpos hídricos (FERREIRA, 2011). No Brasil, mais de 83.450 km de rios são poluídos (ANA, 2019). O crescimento populacional é uma das principais causas da poluição, além do aumento do despejo de resíduos e efluentes urbanos e rurais, promovendo uma sobrecarga nos corpos hídricos (OSANO et al. 2003; RABURU, 2003; GEF, 2004). A falta de saneamento básico, educação ambiental e responsabilidade ambiental também são outras causas da degradação dos rios e riachos (MACHADO et al. 2013).

A legislação brasileira classifica a qualidade/saúde dos corpos d'água presente em toda região superficial do país de acordo com a resolução nº 357 de 2005 do Conselho Nacional de Meio Ambiente (CONAMA; BRASIL, 2005). O CONAMA estabelece os valores de referência de parâmetros limnológicos para os diferentes usos que o corpo hídrico possa ter. Por exemplo, existem valores de referência, que variam de acordo com o uso previsto da água, para variáveis como condutividade, pH, sólidos totais dissolvidos, nutrientes, clorofila-a da água, entre outros parâmetros. No entanto, existem outras formas de se avaliar a qualidade ambiental nesses ecossistemas, como por exemplo com o uso de organismos bioindicadores. Para um organismo ser considerado um bioindicador “ideal”, algumas características devem ser contempladas, tais como: ser gradualmente sensível a diferentes impactos antrópicos, ser abundante na maioria dos ecossistemas aquáticos, ser fácil de amostrar, exigir um baixo custo de processamento, ter ciclo de vida longo e responder espaço-temporalmente aos impactos, ser facilmente identificável, ser relativamente sedentário e ser amplamente distribuído (ROSENBERG et al., 1993).

Diversos grupos são utilizados como bioindicadores, entre eles pode-se citar os macroinvertebrados, os peixes, perifiton e plâncton em geral. Os macroinvertebrados são uma

classe importante de organismos aquáticos envolvidos na transferência de energia e material através dos níveis tróficos das cadeias alimentares aquáticas, e sua sensibilidade às mudanças ambientais varia entre as espécies (SUMUDUMALI et al., 2021). Essas características os tornam bons bioindicadores de impactos antrópicos em ecossistemas fluviais. O uso de macroinvertebrados aquáticos como bioindicadores já é consolidado para estudos científicos na avaliação de ecossistemas aquáticos, pois esses organismos cumprem todos os requisitos necessários (MORENO et al., 2009; RIBEIRO; UIEDA, 2005; NUNES et al., 2015).

Nesse contexto, o uso de bioindicadores para avaliar a qualidade de água e sedimento possibilita o reconhecimento da estrutura de diferentes ambientes, permitindo assim analisar e definir os estados de conservação desses ecossistemas (LIMA et al., 2018). Diante desse contexto, o presente estudo se propõe a avaliar a qualidade dos riachos intermitentes com a utilização de macroinvertebrados aquáticos como bioindicadores, pois existe uma lacuna de informações sobre a qualidade desses ambientes para o semiárido brasileiro. Para isso serão utilizados três trechos de riachos intermitentes pertencentes a Bacia Hidrográfica do rio Apodi/Mossoró (BHRAM), uma bacia com elevada importância econômica para o Rio Grande do Norte, que por seus usos múltiplos, tem apresentado diversos sinais de degradação, tanto nas paisagens do seu entorno, como na baixa qualidade de suas águas.

2. OBJETIVO

Utilizar parâmetros limnológicos e macroinvertebrados aquáticos como bioindicadores para avaliar a qualidade de riachos intermitentes no semiárido brasileiro.

2.1. Objetivos específicos

- Realizar a classificação dos três trechos de riachos de acordo com as atividades antrópicas presentes na paisagem do entorno;
- Mensurar os parâmetros físico-químicos e nutrientes dissolvidos na água dos trechos e comparar com os parâmetros recomendados pela resolução CONAMA nº 357/2005;
- Utilizar diferentes índices que utilizam os macroinvertebrados aquáticos para mensurar a qualidade da água dos riachos intermitentes.

3. MATERIAIS E MÉTODOS

3.1. Área de estudo

O estudo foi realizado em três riachos distribuídos ao longo da bacia hidrográfica do rio

Apodi Mossoró (BHRAM), na região próxima a Umarizal, Viçosa, Martins e Portalegre (Figura 1). Os dados foram coletados durante o final da estação chuvosa (junho, julho e agosto) de 2022. Nesse período os riachos da BHRAM ainda permaneciam alagados, mesmo com o surgimento de desconexão hidrológica superficial entre alguns trechos (presença de intermitência).

A BHRAM está localizada na porção oeste do Rio Grande do Norte, que drena uma área total de 14. 270 km², possuindo um comprimento de 200 km, e com largura de 100 km aproximadamente. O rio principal segue por um trajeto de cerca de 293 Km, com padrões de drenagens do tipo dendrítica e sendo classificada como uma bacia exorreica. A BHRAM é dividida em três partes: alto curso, médio curso e baixo curso. Os três trechos estudados estavam inseridos no médio curso da bacia, que possui uma área de 10.213 km². Essa área é uma de transição entre as outras duas partes, na qual o alto curso apresenta características de relevo plano e altitudes elevadas e/ou moderadas, com solo cristalino, já o baixo curso apresenta características de relevo plano e baixas altitudes e solo sedimentar. Outra variação é nas temperaturas destes setores devido a diferença de altitude. O médio curso apresenta uma junção de características dos dois setores, sendo assim uma zona de transição. Apresenta solo cristalino que se assemelha ao alto curso, como também solos sedimentares como o baixo curso (DANTAS, 2022; CHRISTOFOLETTI, 1979).

Os riachos estudados pertencem à região semiárida, cujo clima é classificado segundo Köppen como BSh (semiárido muito quente). Essa região é caracterizada pela presença de polígono de secas, com baixa precipitação pluviométrica, com valores médios anuais entre 400 mm e 650 mm e alto risco de seca (JACOMINE, 1996; JACOMINE et. al., 1989). O período chuvoso possui duração de três a cinco meses (março a julho) enquanto o período o seco pode durar entre 7 e 9 meses (setembro a janeiro), com temperaturas máximas de 38°C (MARENGO, 2008). A umidade relativa média é de 50% (SALCEDO et al., 2008).

A geologia do semiárido possui uma alta variação, com predomínio de solo cristalino e áreas sedimentares. Para uma menor parte é possível encontrar áreas cristalinas com cobertura rasa de sedimentos arenosos ou arenoargilosos (CUNHA, 2010).

A vegetação predominante da região semiárida é composta por espécies xerófilas, lenhosas, decíduas e com adaptações estruturais (presença de espinhos), suculentas e áfilas, variando entre padrões arbóreo e arbustivo. A Caatinga corresponde a maior parte da zona semiárida brasileira e sua vegetação pode variar entre hipoxerófica ou hiperxerófica (JACOMINE et al., 1996; CUNHA et al., 2008).

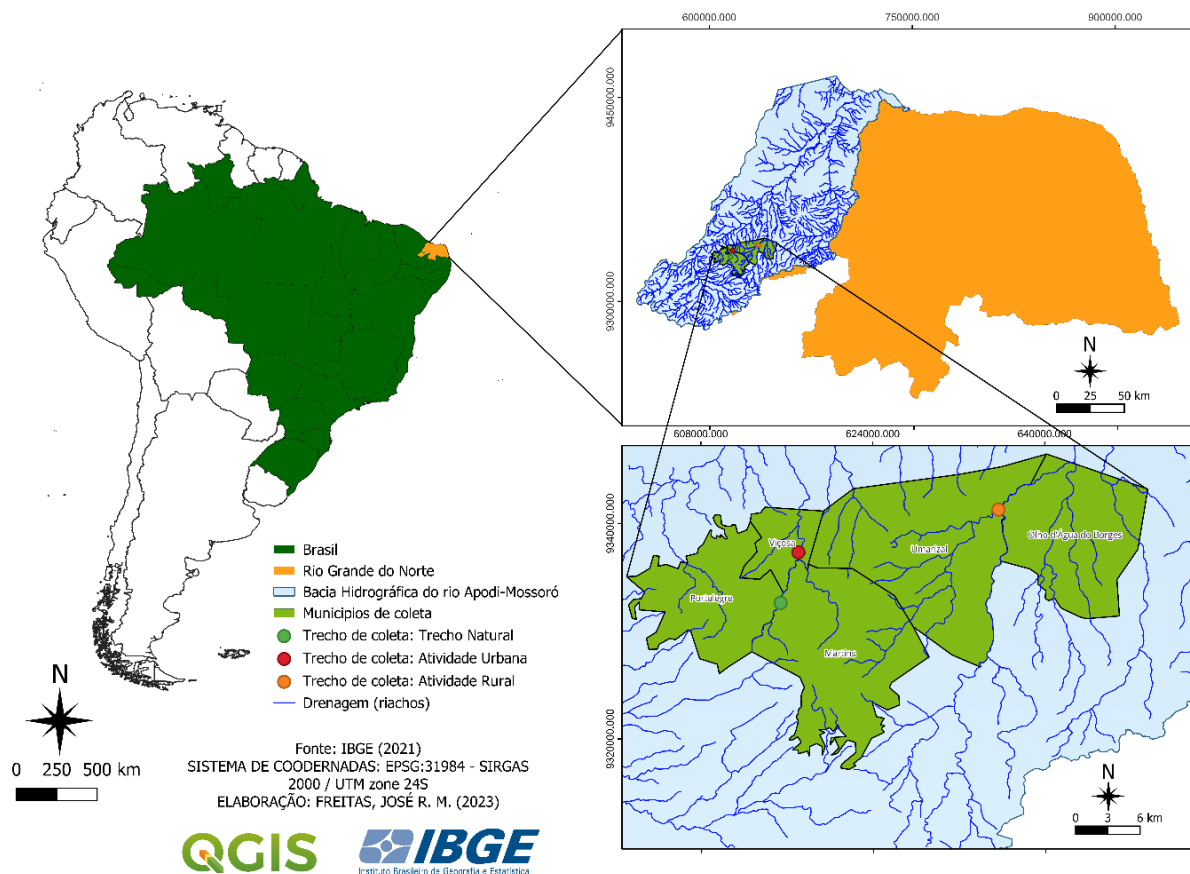


Figura 1. Mapa espacial de localização, com a marcação dos trechos de coleta.

Fonte: Elaboração própria.

3.2. Classificação das áreas

A paisagem de cada trecho foi classificada de acordo com a predominância de cobertura vegetal bem como atividades antrópicas desenvolvidas no seu entorno. As paisagens foram classificadas em Trecho Natural, Atividade Urbana, e Atividade Rural. Para estimar a predominância da cobertura e uso em cada paisagem foi utilizado o software QGIS para confecção dos mapas. O complemento MapBiomas foi utilizado para classificação da cobertura e uso do solo, destacando as diferentes classes encontradas em cada trecho, podendo ser floresta natural, agropecuária, área não vegetada, área urbanizada e entre outras classes. Para área de influência foi considerado um raio de abrangência de 500 metros ao redor do ponto central do trecho de 50m (SOININEN; LUOTO, 2012). Foram calculadas as seguintes métricas de composição: área de cada classe e proporção de cada classe em cada paisagem. Para isso foi utilizado o complemento Landscape Ecology (LeCos). Seguindo recomendação de Buss e Vitorino (2010), os trechos foram classificados como: Atividade Natural - o trecho que apresentou mais que 75% de área florestal natural; Atividade Urbana - o trecho que apresentou mais de 25% de área urbanizada; e Atividade Rural - o trecho que apresentou mais que 50% de área de agropecuária.

3.3. Caracterização dos trechos

A extensão do trecho (50 m) foi dividida em quatro transectos transversais ao canal, situados em 0m, 16m, 32m e 50m (Figura 2). Em cada transecto foi medido a largura e profundidade mínima e máxima, em cm, com auxílio de uma trena. Em todos os transectos foram avaliados a estrutura da vegetação ripária, a presença de macrófitas, presença de atividades antrópicas e a composição do substrato.

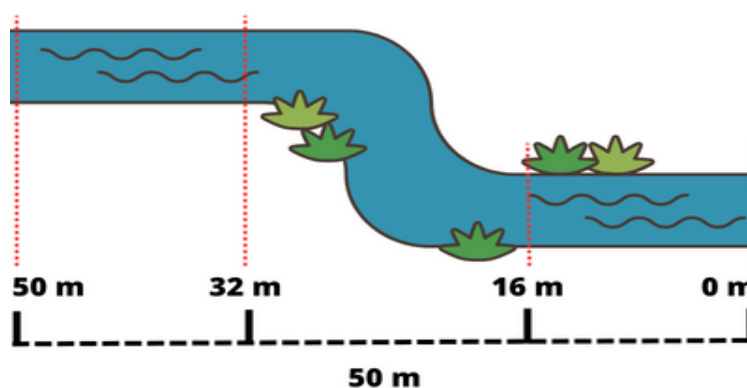


Figura 2. Representação gráfica da extensão dos trechos com seus devidos transectos transversais situados à 0, 16, 32 e 50 metros.

Fonte: Elaboração própria.

3.4. Coleta de dados

A seleção dos trechos de amostragem foi realizada a fim de contemplar gradientes de atividades antrópicas, para uma melhor comparação. O primeiro estava inserido em uma área de vegetação natural, outro estava situado em área com atividade urbana e o último apresentava atividade rural em seu entorno, totalizando assim três trechos amostrais.

Inicialmente foram realizadas as medidas dos parâmetros abióticos, sendo a condutividade medida com um condutivímetro portátil, a turbidez com turbidímetro portátil, o oxigênio dissolvido (mg/L e %) e temperatura medidos com sonda Hachi. Ph e sólidos totais dissolvidos (mg/L) foram medidos posteriormente em laboratório. Em seguida foram coletadas amostras de água em garrafas plásticas de 500ml, as quais foram destinadas para o Laboratório de Limnologia e Qualidade de Água do Semi-Árido (LIMNOAQUA), para posterior análises de clorofila-a e nutrientes.

Em cada transecto (de 0-16m, 16-32m e de 32-50m) foram coletadas três subamostras de macroinvertebrados aquáticos com o auxílio de Rede Entomológica do tipo D (D-framenet), por duas pessoas, simultaneamente, uma em cada margem, no sentido jusante - montante (Figura 3).



Figura 3. Coleta dos macroinvertebrados com auxílio de uma Rede Entomológica do tipo D.

Fonte: Elaboração própria.

Cada subamostra compreendeu uma área amostrada de cerca de 1 m², e cada trecho de rio foi então representado por 18 m² de habitats amostrados. Cada varredura foi iniciada com uma raspagem rápida do fundo do canal, subindo vigorosamente em direção à superfície. Foram contemplados todos os habitats visualizados no trecho, como por exemplo, áreas com fundo de cascalho ou sedimento fino, locais próximos a troncos e galhos, bancos de macrófitas, margem e partes mais centrais. As varreduras foram distribuídas de forma a contemplar os habitats mais comuns.

Cada medida da assembleia local foi composta pelo agrupamento dos dados coletados pelos dois coletores (totalizando 18 subamostras por trecho). As amostras foram fixadas em campo com álcool 70%. Em laboratório, o material coletado foi lavado em peneira (malha de 0,5 mm) e colocado em potes, adicionando álcool 70% para preservação do material e com etiquetas para identificação dos trechos. O material foi corado com Rosa de Bengala.

3.5. Subamostragem e triagem dos macroinvertebrados

Para essa etapa foram utilizados os métodos de contagem fixa e o método baseado em sorteios. Para contagem fixa utilizada na triagem foi determinado um total de 400 indivíduos por trecho, já o método de sorteios consiste em separar o material coletado em diferentes subamostras para que apenas alguns dessas subamostras sejam triadas. Todo material coletado de cada trecho era colocado em uma bandeja de 60x40x30 cm, com divisões internas com um total de 12 quadrados e feito a homogeneização do material, assim foi realizado sorteios e cada quadrado sorteado foi triado individualmente seguindo o protocolo de Buss e Vitorino (2010). Esse procedimento de subamostragem foi desenvolvido pelo projeto de Hering e colaboradores (2002), com o objetivo de agilizar os processos de triagem e identificação.

Foi feita a utilização de uma caixa luminosa para iluminar as bandejas pequenas com material para permitir a visualização dos indivíduos corados, onde eles eram coletados com uma pinça e colocados em uma placa de petri com água. Cada trecho foi triado até atingir 400 indivíduos. A próxima etapa foi a de identificação na qual os 400 indivíduos foram identificados a nível de Família.

3.6. Identificação dos macroinvertebrados

Para a identificação dos indivíduos foi necessário o auxílio de alguns equipamentos, tais como: Estereomicroscópios (lupa); duas seringas com agulhas; pinça; pipeta; placa de petri; e chaves de identificação adequadas. Foram utilizadas as chaves de identificação de Mugnai et al. (2010); Pérez (1988) para macroinvertebrados aquáticos.

3.7. Critérios de avaliação

Para a avaliação dos parâmetros abióticos, foi utilizado como referência os valores recomendados pela resolução CONAMA nº 357/2005 para águas doces de classe I, para Oxigênio dissolvido (OD, mg/L), Turbidez (UNT), pH, Clorofila A (ug/L), Sólidos Totais Dissolvidos (STD, mg/L), Nitrato (mg/L), Nitrito (mg/L), Fósforo total (P total, mg/L), Nitrogênio amoniacal total (mg/L) e Nitrogênio total (mg/L) (BRASIL, 2005).

Foram obtidas as variações do número de famílias dos macroinvertebrados em cada trecho amostral, ou seja, o número total de famílias observadas na comunidade de macroinvertebrados encontrados no trecho. Para avaliar o índice qualitativo dos bioindicadores

aquáticos na área de estudo foram utilizados os seguintes índices: **BMWP** (Biological Monitoring Working Party Score System: *Sistema de Pontuação do Grupo de Trabalho de Monitoramento Biológico*), **ASPT** (Average Score Per Taxon: *Pontuação média por táxon*) e **EPT** (Ephemeroptera, Plecoptera e Trichoptera).

O índice BMWP é um índice que considera a presença/ausência de famílias de macroinvertebrados bentônicos (Tabela 1 e 2). O mesmo atribui valor de 1 a 10 para as famílias de acordo com seu grau de tolerância ou sensibilidade aos poluentes orgânicos, sendo 1, o valor atribuído para os organismos mais tolerantes e 10, o valor atribuído para os organismos mais sensíveis aos impactos (ALBA-TERCEDOR; SÁNCHEZ-ORTEGA, 1988).

Tabela 1. Trechos atribuídos às diferentes famílias de macroinvertebrados aquáticos para obter o BMWP.

Famílias				Pontuação
Anomalopsychidae, Atriplectididae, Blephariceridae,	Ptilodactylidae, Chordodidae, Gripopterygidae	Lampyridae, Odontoceridae, Perlidae	Polymitarcyidae, Polythoridae, Psephenidae.	10
Coryphoridae, Ephemeridae, Euthyplociidae,	Gomphidae, Hydrobiosidae, Leptophlebiidae	Limnephilidae, Oligoneuriidae, Philopotamidae	Platystictidae, Polycentropodidae, Xiphocentronidae.	9
Atyidae, Calamoceratidae, Hebridae, Helicopsychidae,	Hydraenidae Hydroptilidae, Leptoceridae, Limnephilidae,	Lymnaeidae, Naucoridae Palaemonidae, Planorbidae	Pseudothelphusidae, Saldidae, Sialidae, Sphaeriidae	8
Ancylidae, Baetidae, Calopterygidae, Coenagrionidae	Dicteriadidae, Dixidae, Glossosomatidae, Hyalellidae	Hydrobiidae, Hydropsychidae, Leptohyphidae, Lestidae	Pyalidae, Simuliidae, Veliidae	7
Aeshnidae, Ampullariidae, Caenidae, Corydalidae,	Dryopidae, Dugesiidae, Elmidae, Hyriidae	Limnichidae, Lutrochidae, Megapodagrionidae	Mycetopodidae, Pleidae, Staphylinidae	6
Ceratopogonidae, Corixidae, Gelastocoridae,	Glossiphoniidae, Gyrinidae, Libellulidae	Mesoveliidae, Nepidae, Notonectidae	Tabanidae, Thiaridae	5
Belostomatidae, Chrysomelidae, Curculionidae, Ephydriidae,	Haliplidae, Hydriidae, Muscidae	Scirtidae, Empididae, Dolichopodidae	Hydrometridae, Noteridae. Sciomyzidae	4
Chaoboridae, Cyclobdellidae,	Hydrophilidae (Larvas)	Physidae, Spercheidae	Stratiomyidae, Tipulidae	3
Chironomidae,	Culicidae,	Psychodidae,	Syrphidae	2
Tubificidae				1

Fonte: Modificado de ALBA-TERCEDOR; SÁNCHEZ-ORTEGA, 1988.

Tabela 2. Classes, valores de BMWP, categorias e diagnóstico, onde a soma dos trechos atribuídos às famílias irá diagnosticar os locais em questão.

Classe	BMWP	Categoria	Diagnóstico
I	>150	Bom	Água limpa
	101–150		Limpa ou não alterada Significativamente
II	61 – 100	Aceitável	Limpa, porém levemente impactada
III	36 – 60	Questionável	Moderadamente impactada
IV	15 – 35	Crítico	Poluída ou impactada
V	<15	Muito crítico	Altamente poluída

Fonte: ALBA-TERCEDOR; SÁNCHEZ-ORTEGA, 1988.

O **índice ASPT** (Average Score Per Taxon), que é calculado pela razão entre o escore obtido no cálculo do BMWP, e o número de famílias pontuadas na amostra, ou seja, corresponde à média dos valores de cada família encontrada, também foi avaliado para a área de estudo, usando a seguinte equação: (Tabela 3) (WALLEY; HAWKES, 1997).

$$\text{ASPT} = \frac{\text{Escore do BMWP}}{\text{Nº de famílias presentes}}$$

Tabela 3. Valores de referência do índice ASPT para diagnosticar os locais em questão.

ASPT score	Diagnóstico
>6	Água limpa
5–6	Qualidade duvidosa
4–5	Provável poluição moderada
<4	Provável poluição severa

Fonte: WALLEY; HAWKES, 1997.

O índice de EPT que calcula a abundância relativa das ordens Ephemeroptera, Plecoptera

e Trichoptera na amostragem, também foi um parâmetro de avaliação (Tabela 4). E o cálculo da abundância relativa das ordens foi feito em relação ao número total de organismos da amostra por meio da equação (GONÇALVES, 2007):

$$EPT = \frac{N^{\circ} \text{ indivíduos (EPT)} \times 100}{N^{\circ} \text{ total de indivíduos}}$$

Quanto maior for a abundância relativa desses táxons, maior é a qualidade da água local. Esses grupos são escolhidos em decorrência de sua grande sensibilidade à poluição orgânica e alterações antrópicas.

Tabela 4. Classe de qualidade e significado dos valores do índice EPT.

Porcentagem de EPT	Qualidade da Água
75% - 100%	Muito Boa
50% - 74%	Boa
25% - 49%	Regular
0% -24%	Ruim

Fonte: GONÇALVES, 2007.

4. RESULTADOS

4.1. Classificação dos trechos

Com o software MapBiomas foi possível realizar a classificação dos três trechos amostrais (Figura 4). O trecho amostral classificado como Trecho Natural apresentou uma proporção de 100% de Formação Florestal em seu entorno (500 metros de raio). Já o trecho amostral classificado com Atividade Urbana, apresentou proporções de 28,1% de Formação Florestal; 41,3% de Agropecuária; 0,12% de Área Não Vegetada; e 30,4% de Área Urbanizada. O terceiro e último trecho amostral foi classificado como Atividade Rural, apresentando proporções de 40,6% de Formação Florestal; 0,6% de Formação Natural Não Florestal; 57,6 de Agropecuária; e 1,2% de Área Não Vegetada.

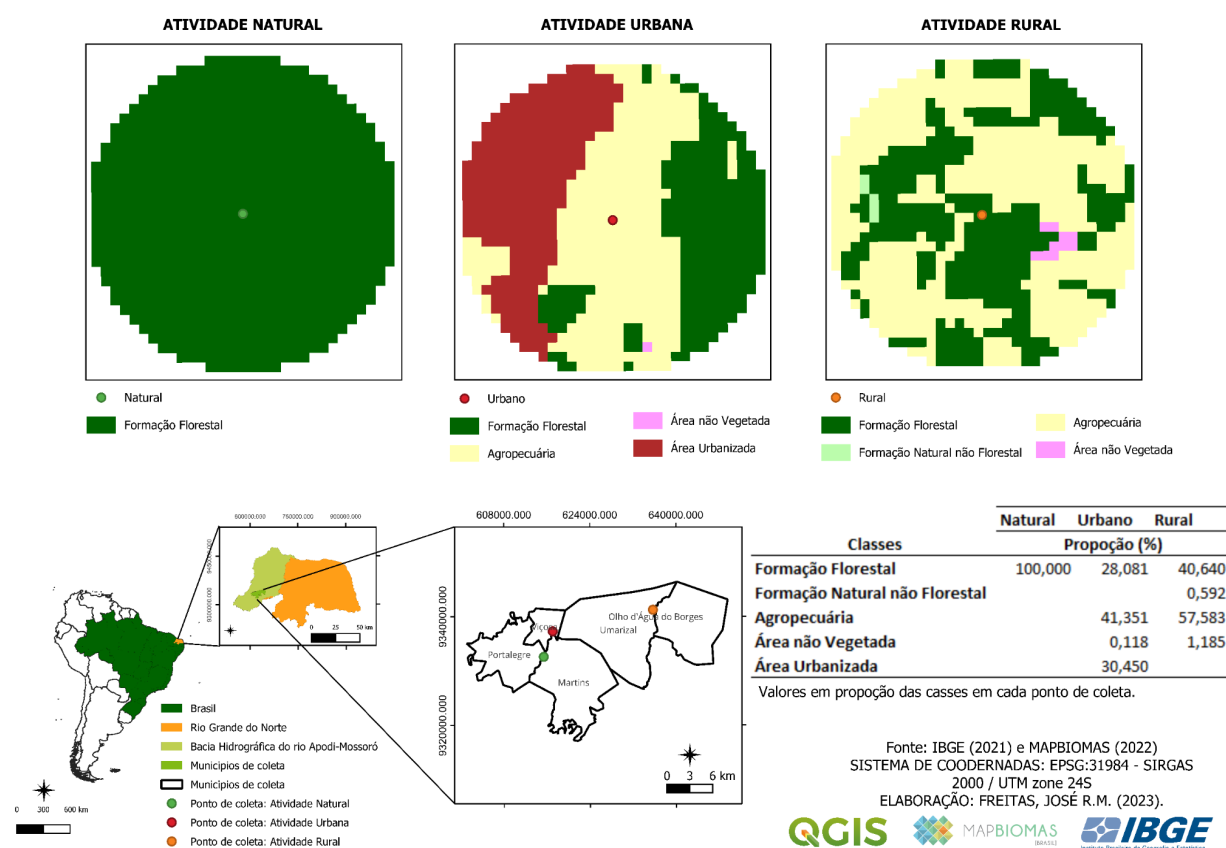


Figura 4. Mapa da classificação dos trechos amostrais de acordo com a cobertura do solo, sendo classificados como Trecho Natural, Atividade Urbana ou Atividade Rural. Quadro com os valores em proporção das classes em cada trecho de coleta.

Fonte: Elaboração própria.

4.2. Parâmetros limnológicos

As análises dos parâmetros físico-químicos da água e nutrientes demonstraram que todos os três trechos apresentaram alguma irregularidade em comparação com os valores recomendados pela resolução CONAMA nº 357/2005 para águas doces de classe I (Tabela 5). O Trecho Natural foi marginalmente reprovado por apenas um parâmetro, pois apresentou valores um pouco acima do recomendado para o Fósforo total (P_{total}) com 0,0278 mg/L (recomendado até 0,020 mg/L). O trecho com Atividade Urbana também foi reprovado em apenas um parâmetro, pois apresentou valores acima do recomendado para Clorofila A com 13,541 (recomendado até 10 ug/L). Já o trecho com Atividade Rural foi reprovado por dois parâmetros, pois apresentou valores acima do recomendado para os Sólidos Totais Dissolvidos (STD) com 615 mg/L (recomendado até 500 mg/L) e Fósforo total (P_{total}) com 0,0866 mg/L (recomendado até 0,020 mg/L). Em relação aos

demais parâmetros avaliados, os três trechos apresentaram valores dentro dos limites recomendados pela resolução CONAMA nº 357/2005 para águas doces de classe I.

Tabela 5. Valores dos parâmetros limnológicos dos trechos de atividade Natural, Urbana e Rural em comparação com os valores recomendados pela resolução CONAMA nº 357/2005 para águas doces de classe I.

Variáveis	TIPO DE ATIVIDADE EM CADA TRECHO AMOSTRAL			
	Valores de referência	Natural	Urbana	Rural
OD (mg/L)	> 6 mg/L	6,79	8,46	12,67
Turbidez (UNT)	Até 40 UNT	13,5	1,53	10,9
pH	6,0 a 9,0	6,3	6,75	6,84
Clorofila A (ug/L)	Até 10 ug/L	0,411	13,541	8,010
STD (mg/L)	Até 500 mg/L	108	232	615
Nitrato	Até 10,0 mg/L	0,1378	0,1415	0,1598
Nítrito	Até 1,0 mg/L	0,0002	ND*	0,0012
P total	Até 0,020 mg/L	0,0278	0,0145	0,0866
Nitrogênio amoniacal total	Até 3,7mg/L	0,4522	0,5678	0,4438
Nitrogênio total	Até 1,27 mg/L	1,007	1,007	1,027

*ND= Não detectado

Fonte: Elaboração própria.

4.3. Número de famílias dos macroinvertebrados

No total foram identificados 400 indivíduos para cada um dos três trechos d'água, totalizando 1.200 indivíduos, pertencentes a 33 famílias, divididos em sete grupos de macroinvertebrados (Tabela 6).

Em relação ao número de famílias, o trecho de Atividade Rural apresentou o maior número, com um total de 23 famílias, seguido pelo trecho de Atividade Natural com 20 famílias (Tabela 6). Já o trecho de Atividade Urbana apresentou o menor número de famílias em comparação com os outros dois trechos, com apenas 16 famílias.

Tabela 6. Famílias encontradas em cada trecho amostral com a pontuação do índice BMWP de cada família e abundância. Número de famílias e pontuação do índice de BMWP final dos três trechos amostrais.

TÁXONS	TIPO DE ATIVIDADE EM CADA TRECHO AMOSTRAL					
	Natural		Urbano		Rural	
	Nº	BMWP	Nº	BMWP	Nº	BMWP
Coleoptera						
Dytiscidae	14	5	3	5	10	5
Elmidae	2	6	NA		1	6
Gripopterygidae	1	10	NA		NA	
Hydrophilidae	1	3	3	3	3	3
Noteridae	NA		NA		2	4
Ptilodactylidae	NA		NA		1	10
Spercheidae	2	3	NA		1	3
Diptera						
Ceratopogonidae	40	5	1	5	10	5
Chaoboridae	NA		NA		1	3
Chironomidae	112	2	38	2	77	2
Culicidae	NA		NA		4	2
Ephemeroptera						
Baetidae	55	7	29	7	5	7
Caenidae	NA		3	6	NA	
Leptophlebiidae	41	9	NA		NA	
Gastropoda						
Ampullariidae	1	6	3	6	36	6
Ancylidae	25	7	NA		1	7
Planorbidae	76	8	278	8	200	8
Hemiptera						
Belostomatidae	2	4	NA		19	4
Corixidae	NA		1	5	NA	
Gelastocoridae	NA		2	5	NA	
Mesoveliidae	1	5	17	5	4	5
Notonectidae	NA		1	5	NA	
Veliidae	NA		1	7	1	7

Odonata

Aeshnidae	NA		14	6	3	6
Calopterygidae	1	7	NA		NA	
Coenagrionidae	NA		NA		1	7
Dictyodidae	1	7	NA		4	7
Gomphidae	10	9	NA		NA	
Libellulidae	9	5	2	5	13	5

Trichoptera

Helicopsychidae	5	8	NA		NA	
Hydropsychidae	NA		NA		1	7
Hydroptilidae	1	8	4	8	NA	
Leptoceridae	NA		NA		2	8

Número de Famílias	20		16		23	
Pontuação BMWP		124		88		127

Fonte: Elaboração própria.

4.4. Índices BMWP, ASPT e EPT

Os resultados do índice BMWP classificou os trechos Natural e Rural como de Classe I, apresentando pontuação de 124 e 127 respectivamente e um status de qualidade “Bom” (Tabela 7). Já o trecho de Atividade Urbana foi classificado como de Classe III, apresentando uma pontuação de 88 e um status de qualidade “Aceitável”.

Em relação aos resultados do índice de ASPT, o Trecho Natural apresentou valor de 6,20 e status de qualidade de “Água limpa”, enquanto os trechos de Atividade Urbana e Rural apresentaram valores de 5,50 e 5,52 respectivamente e foram classificados com status de “Qualidade duvidosa” (Tabela 7).

Segundo o índice da porcentagem de EPT (Ephemeroptera, Plecoptera e Trichoptera) o Trecho Natural apresentou a melhor porcentagem, com 25,5% dos indivíduos totais identificados, classificado assim com um status de qualidade “Regular” (Tabela 7). Já os trechos de Atividade Urbana e Rural apresentaram apenas 9% e 2% respectivamente, dos indivíduos totais identificados, classificados assim com um status de qualidade “Ruim”.

Tabela 7. Resultado dos Índices BMWP, ASPT e EPT nos três trechos amostrais, com a pontuação e a qualidade da água de cada índice para cada trecho.

ATIVIDADE	CLASSE	COR	BMWP	QUALIDADE	DIAGNÓSTICO	ASPT	QUALIDADE	EPT (%)	QUALIDADE
Natural	I		124	Bom	Águas não poluídas ou não alterada significativamente	6,20	Água limpa	25,5	Regular
Urbana	III		88	Aceitável	Evidentes efeitos moderados de poluição	5,50	Qualidade duvidosa	9	Ruim
Rural	I		127	Bom	Águas não poluídas ou não alterada significativamente	5,52	Qualidade duvidosa	2	Ruim

Fonte: Elaboração própria.

5. DISCUSSÃO

A classificação das áreas em que os trechos de riachos estudados estão inseridos era indispensável. Nesse sentido, a definição de Urbano e Rural foi o primeiro passo. Segundo Kayser (1990), uma definição resumida de áreas rurais é dividida em quatro partes: I - Ter uma baixa densidade habitacional e de construções, com cobertura vegetal de forma predominante em sua paisagem; II - Utilização do solo como recurso econômico, ou seja, agropecuária; III - Relação próxima com a natureza e modo de vida dos seus habitantes de forma coletiva; e IV - Representação cultural marcada pela identidade camponesa. Já áreas urbanas seriam o oposto disto (RODRIGUES, 2014). Seguindo esse pensamento, a classificação das áreas do estudo levou em consideração a cobertura e uso do solo. Assim os trechos dos riachos foram classificados de acordo com as atividades em seu entorno. Em um estudo realizado por Pinheiro (2014), o método de classificação da cobertura e uso do solo foi semelhante ao utilizado no presente estudo.

Os parâmetros limnológicos apresentaram valores superiores aos recomendados pela resolução CONAMA nº 357/05 para águas doces de classe I, que corresponde a uma classe de uso nobre, que inclui abastecimento humano (desde que ocorra um tratamento simplificado), proteção da comunidade aquática (também em Terras indígenas), recreação, irrigação e atividade pesqueira (BRASIL, 2005). Dessa forma, como os três trechos de riachos apresentam reprovação em algum parâmetro da água, de usos mais exigentes, como abastecimento humano, deveria ser limitado.

O Trecho Natural, apesar de ter sido reprovado pelo fósforo total, seu valor estava muito próximo do limite estabelecido pelo Conama, o que destacou esse trecho como o melhor dos três

avaliados. Esse valor de fósforo total presente no trecho natural pode estar relacionado a dois fatores, a decomposição da serapilheira (folhas e galhos) que se acumulava em abundância nesse trecho, uma vez que ele apresentava em seu entorno uma densa floresta natural, assim como a concentração excessiva de nutrientes em decorrência do baixo fluxo laminar no trecho no dia da amostragem. Esse argumento é corroborado com o trabalho de Pinheiro (2014), que em seu estudo na Bacia Hidrográfica do rio Duas Mamas (Santa Catarina), um de seus trechos amostrais era inserido em uma área com predominância de mata nativa e obteve um resultado semelhante ao encontrado para o fósforo total no presente estudo.

O trecho com Atividade Urbana também apresentou valores acima do recomendado para clorofila-a. Segundo Wetzel (1993), valores de concentração encontrados em ambientes aquáticos, superiores a 10 µg/L para Clorofila a, são considerados ambientes eutrofizados. Alterações antrópicas estão ligadas a proliferação de algas e macrófitas aquáticas, que por consequência pode causar aumento da produção de clorofila-a e eutrofização dos ambientes aquáticos (OLIVEIRA, 2013). Dessa forma, o trecho com Atividade Urbana pode ser considerado com baixa qualidade para usos da Classe I, que são usos que a população do entorno necessita, o que é muito preocupante, uma vez que a água é um recurso valioso e escasso no semiárido.

Já o trecho com Atividade Rural também apresentou valores acima do recomendado para Sólidos Totais Dissolvidos (STD) e Fósforo total (P_{total}). O que pode explicar esses valores é que no meio rural, na agropecuária de pequena, média ou grande escala, o uso de fertilizantes químicos, a base de fósforo e nitrogênio, e a criação de animais geram muita matéria orgânica e nutrientes, que de forma direta ou indireta, são lixiviados para os corpos hídricos, alterando assim a qualidade da água desses ecossistemas (ANA, 2006; VON SPERLING, 2005). Segundo Barreto e colaboradores (2013) e também Silva (2014), as alterações dos nutrientes em ambientes aquáticos, principalmente nitrogênio e fósforo, podem desencadear ou acelerar o processo de eutrofização. Dessa forma, ambos os trechos com atividades humanas em seus entornos apresentam sinais de eutrofização e consequentemente baixa qualidade da água.

Em relação à macrofauna, algumas famílias foram comuns aos três trechos estudados, entre elas a Dytiscidae, Hydrophilidae, Ceratopogonidae, Chironomidae, Baetidae, Ampullariidae, Planorbidae, Mesoveliidae e Libellulidae. Por outro lado, algumas famílias só foram encontradas em apenas um dos trechos. No caso do Trecho Natural foram encontradas quatro famílias exclusivas, sendo elas: Gripopterygidae (score=10) Leptophlebiidae (score=9), Calopterygidae (score=7) e Helicopsychidae (score=8). Segundo Torres (2023), a presença das famílias Leptophlebiidae (Ephemeroptera), Gripopterygidae (Plecoptera), Hydrobiosidae, Odontoceridae

(Trichoptera), e Blephariceridae (Diptera), indicam que a água é de boa qualidade, pois esses organismos possuem uma alta pontuação por serem extremamente sensíveis ao ambiente poluídos, o que confirma a qualidade ambiental do trecho natural.

No trecho de Atividade Urbana foram encontradas também quatro famílias exclusivas, sendo elas: Caenidae (score=6), Corixidae (score=5), Gelastocoridae (score=5) e Notonectidae (score=5). Já no caso do trecho de Atividade Rural foram encontradas seis famílias exclusivas: Hydropsychidae (score=7), Leptoceridae (score=8), Culicidae (score=2), Chaoboridae (score=3), Ptilodactylidae (score=10), Noteridae (score=4). Segundo Torres (2023), as famílias listadas acima apresentam uma pontuação mediana (com exceção da Leptoceridae e Ptilodactylidae) e são mais tolerantes a distúrbios em comparação com as famílias que ocorreram apenas no trecho de Atividade Natural.

Apesar do trecho de Atividade Rural ter apresentado um número de famílias maior que o Trecho Natural, foi possível observar que as famílias encontradas não apresentaram uma boa pontuação do índice de BMWP, na qual apenas três famílias apresentaram pontuação $\geq$ a 8. Já no Trecho Natural foi possível observar seis famílias com pontuação do índice de BMWP $\geq$ a 8. Resultados semelhantes foram encontrados por Nuñez (2020), em seu estudo de avaliação do rio Guatapurí, na Colômbia, através do uso de macroinvertebrados e utilizando os índices BMWP e ASPT. Foram amostrados quatro trechos do rio, que passa próximo a cidade. Em seus resultados, segundo o índice de ASPT, três trechos demonstraram boa qualidade de água e apenas um apresentou sinais de contaminação. No entanto, vale destacar que índice de ASPT é um pouco mais criterioso em comparação com o índice BMWP, pois essa análise não considera apenas a presença ou ausência das famílias, mas sim avalia o número de famílias encontradas em cada trecho (DAZA; MORA, 2016).

Já para o índice de EPT (Ephemeroptera, Plecoptera e Trichoptera) apenas o Trecho Natural foi melhor avaliado com status de qualidade 'Regular'. No estudo realizado por Alcantra (2022), que se tratava de uma avaliação da qualidade de água de um trecho do rio Três Corações (MG), os resultados para o índice de EPT foram $<4\%$ em todos os trechos de coleta, enquanto que no Trecho Natural do presente estudo EPT corresponderam a quase 25% da comunidade. Os trechos de estudo estavam inseridos dentro de uma fazenda se enquadrando como atividade rural, algo semelhante ao nosso trecho rural, que apresentou 9% de EPT. Os organismos das ordens Ephemeroptera, Plecoptera e Trichoptera (EPT) são muito sensíveis às alterações na qualidade de água, por esse motivo uma alta abundância desses indivíduos indicam uma boa qualidade

ambiental, como observado no Trecho Natural do presente estudo (BUSS et. al., 2019).

No geral, todos os três trechos estudados apresentam algumas alterações ambientais, sendo o Trecho Natural o que apresentou maior qualidade ambiental, mesmo que tenha sido reprovado para o fósforo total segundo o CONAMA 357, pois apresentou um status de qualidade “Bom” para o índice BMWP, foi classificado como “Água limpa” segundo o índice de ASPT e foi o único com status de qualidade “Regular” para o índice de EPT. Os demais trechos não foram considerados com boa qualidade ambiental, de acordo com todos os critérios adotados, pois o trecho de Atividade Rural, reprovou em dois parâmetros, STD e Fósforo total de acordo com o CONAMA 357, e apesar de ter apresentado status de qualidade “Bom” para o índice BMWP, foi classificado com status de “Qualidade duvidosa” pelo índice de ASPT e “Ruim” para o índice de EPT. Já o trecho de Atividade Urbana também foi mal avaliado quanto a qualidade de suas águas, pois apesar de ter sido reprovado por um parâmetro apenas (clorofila-a) de acordo com o CONAMA 357, apresentou um status de qualidade “Aceitável” para o índice BMWP, “Qualidade duvidosa” segundo o índice de ASPT, e “Ruim” para o índice de EPT, ou seja, a baixa biodiversidade encontrada nesse trecho pode ter sido uma resposta as alterações antrópicas e baixa qualidade de água e habitats que o mesmo apresentou. Ambos os trechos, rural e urbano, apresentavam fortes sinais de assoreamento, o que deve ter eliminado diversos tipos de habitats necessários para a manutenção do ciclo de vida de macroinvertebrados aquáticos.

Em síntese, é importante destacar que houve congruência entre os resultados obtidos com os limites estabelecidos pelo Conama e os índices baseados nos bioindicadores, nos três trechos. No geral, o Trecho Natural foi o mais bem avaliado pelo Conama e pelos três índices. Por outro lado, os trechos rural e urbano apresentaram evidências de eutrofização e baixa qualidade da água, sendo reprovados pelo Conama, e mal avaliados pelos índices ASPT e EPT. Dos três índices avaliados, o ASPT e EPT foram os melhores em detectar a qualidade da água, pois ponderam mais a presença e abundância de táxons mais sensíveis, e foram mais eficientes em separar os trechos antropizados do trecho natural, de maneira semelhantes aos critérios do CONAMA.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Em comparação com os outros dois trechos, o natural apresentou melhor qualidade ambiental, tanto em termos de parâmetros limnológicos como de bioindicadores. Esse resultado preliminar já era esperado, uma vez que seu entorno é composto majoritariamente por vegetação natural densa. Já os trechos rural e urbano apresentaram resultados preliminares que apontam para uma baixa qualidade de água, assim como baixa qualidade na avaliação por bioindicadores,

especialmente os índices ASPT e EPT. Esses dois índices parecem ser mais sensíveis em detectar mudanças nas comunidades de macroinvertebrados, provavelmente porque dão maior peso para a presença e abundância de famílias mais sensíveis aos impactos antrópicos. Os macroinvertebrados aquáticos parecem apresentar boas respostas às alterações ambientais presentes nos trechos antrópicos, especialmente eutrofização e assoreamento, portanto podem ser considerados bons bioindicadores para riachos intermitentes.

Novos estudos são necessários, podendo ser realizados com um número maior de trechos amostrais e comparações entre outros índices, com a finalidade de complementar e reafirmar os resultados encontrados no presente estudo.

7. REFERÊNCIAS

AGÊNCIA NACIONAL DAS ÁGUAS (ANA). Caderno da região hidrográfica atlântico leste. 2006.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS (ANA). Recursos hídricos no Brasil: informe 2019. Brasília: Agência Nacional de Águas, 2019.

ALBA-TERCEDOR, J.; SÁNCHEZ-ORTEGA, A. Un método rápido y simples para evaluar la calidad biológica de las aguas corrientes basado en el Hellawell (1978). *Limnética*, v. 4, p.51-56, 1988. Disponível em: <<https://www.limnetica.com/documentos/limnetica/limnetica-4-1-p-51.pdf>> Acesso em: 01 jan. 2023.

ALCANTRA, E. et al. Avaliação da qualidade da água por meio de insetos bioindicadores em Três Corações, MG. *Conjecturas*, v. 22, n. 6, p. 150-165, 2022.

BARRETO, L. V. et al. Eutrofização em rios brasileiros. *Enciclopédia Biosfera*, Goiânia, v. 9, n. 16, p. 2165-2179, 01 jul. 2013.

BRASIL. Resolução no 357 do Conselho Nacional de Meio Ambiente. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências. *Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil*, Poder Executivo, Brasília, DF, 18 mar. 2005. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=459>>. Acesso em: 20 mar. 2023.

BUSS, D. F.; VITORINO, A. S. Rapid bioassessment protocols using benthic macroinvertebrates in Brazil: evaluation of taxonomic sufficiency. *Journal of the North American Benthological Society*, v. 29, n. 2, p. 562-571, 2010.

BUSS, D. F. et al., Insetos bentônicos como indicadores da qualidade da água em áreas reabilitadas após mineração de carvão a céu aberto no sul de Santa Catarina, Brasil. *Revista Tecnologia e Ambiente*, v. 25, 2019.

CHRISTOFOLETTI, A. *Análise de sistemas em geografia*. São Paulo: Huitec, 1979.

CUNHA, T. J. F. et al. Principais solos do semiárido tropical brasileiro: caracterização, potencialidades, limitações, fertilidade e manejo. 2010.

CUNHA, T. J. F. et al. Solos do Submédio do Vale do São Francisco: potencialidades e limitações para uso agrícola. Petrolina: Embrapa Semiárido, n° 84. *Semiárido brasileiro*:

pesquisa, desenvolvimento e inovação 2008.

DANTAS, J. S. Análise do uso e ocupação do solo no médio curso da Bacia do Rio Apodi Mossoró-RN / Jaqueline de Souza Dantas. - Natal, 2022.

DAZA, F.; MORA, C., Evaluación de la calidad de agua de la quebrada el Salitre, utilizando macroinvertebrados acuáticos como bioindicadores para la gestión integral del recurso hídrico (Ingeniería). Universidad Santo Tomás. 2016.

FERREIRA, W. R. et al. Desenvolvimento de um Índice Multimétrico Bentônico para o biomonitoramento de uma bacia hidrográfica neotropical. Brazilian Journal of Biology, v. 71, n.1, 2011.

GEF (Global Environmental Facility). Western Kenya integrated ecosystem project; Executive Summary. Available at. 2004. Disponível em: <<http://www.gefweb.org/Documents/Council Documents/-C23/MFA-Kenya-Executivesummary>>. Acesso em: 21 mar. 2023.

GONÇALVES, F. B. Análise comparativa de índices bióticos de avaliação de qualidade de água utilizando macroinvertebrados, em um rio litorâneo do estado do Paraná. Curitiba, 2007. Dissertação de mestrado- Universidade Federal do Paraná, 2007.

HERING, D. et al. AQEM: Manual for the application of the AQEM system. A comprehensive method to assess European streams using benthic macroinvertebrates, developed for the purpose of the water framework directive. Version 1.0. 2002.

JACOMINE, P. K. T. et al. Solos sob Caatinga: características e uso agrícola. In: ALVAREZ, V. H.; FONTES, L. E. F.; FONTES, M. P. F. O solo nos grandes domínios morfoclimáticos do Brasil e o desenvolvimento sustentado. Viçosa, MG: SBCS, 1996.

JACOMINE, P. K. T. et al. Guia de Excursão. In: Congresso brasileiro de ciência do solo, Recife. Anais. Rio de Janeiro: EMBRAPA-SNLCS: SBCS, 1989.

KAYSER, B. La Renaissance rurale, Paris, Armand Colin. 1990.

LARNED et al. Conceitos emergentes em ecologia de rios temporários. Biologia de Água Doce, 2010.

LEAL, I. R. et al. Ecologia e conservação da Caatinga. Editora Universitária UFPE, 2003.

LIMA, B. P.; MAMEDE, G. L.; NETO, I. E. L. Monitoramento e modelagem da qualidade de água em uma bacia hidrográfica semiárida. Engenharia Sanitária Ambiental, v.23, n.1, p.125-35, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1413-41522018167115>

MACHADO C. J. S. et al. Promoção da relação saúde-saneamento-cidade por meio da Virologia Ambiental. Revista de informação legislativa, 2013.

MALTCHIK, L. Nossos rios temporários, desconhecidos, mas essenciais. Ciência Hoje, São Paulo-SP, 1996.

MARENGO, J. A. Vulnerabilidade, impactos e adaptação à mudança do clima semi-árido do Brasil. Parcerias Estratégicas. Brasília-DF, nº 27. 2008.

MORENO, P. et al. Use of the BEAST model for biomonitoring water quality in a Neotropical basin. Hydrobiologia, 2009.

MUGNAI, R. et al. Manual e Identificação de Macroinvertebrados Aquáticos. Rio de Janeiro: Technical Books Editora, 2010.

NESSIMIAN, J. L. et al. Land use, habitat integrity, and aquatic insect assemblages in central Amazonian streams. Hydrobiologia, 2008.

NUÑEZ, J. C.; FRAGOSO-CASTILLA, P. J. Uso de macroinvertebrados acuáticos como bioindicadores de la calidad del agua en la cuenca media del rio Guatapurí (Valledupar, Colombia). Información tecnológica, v. 31, n. 6, p. 207-216, 2020.

OLIVEIRA, C. N.; CAMPOS, V. P.; MEDEIROS, Y. D. P. Avaliação e identificação de parâmetros importantes para a qualidade de corpos d'água no semiárido baiano, estudo de caso: bacia hidrográfica do rio Salitre. Revista Química Nova, São Paulo, v. 33, n.5, p. 1059-1066, 2010.

OLIVEIRA, S. F. et al. Avaliação da concentração de clorofila a e do IET durante o período chuvoso no reservatório da usina hidrelétrica barra dos coqueiros – Caçu/GO. In: XX brasileiro de recursos hídricos, 20., 3013, Bento Gonçalves. Simpósio. Bento Gonçalves: Abrh, p. 1-8, 2013.

OSANO, O. et al. The fate of chloroacetanilide herbicides and their degradation products in the Nzoia Basin, Kenya. AMBIO: A Journal of the Human Environment, 2003.

PÉREZ, G. R. Guía para el estudio de los macroinvertebrados acuáticos del Departamento de Antioquia. Fondo para la Protección del Medio Ambiente" José Celestino Mutis", 1988.

PES, A. M. O. et al. Chaves de identificação de larvas para famílias e gêneros de Trichoptera (Insecta) da Amazônia Central, Brasil. Manaus: Revista Brasileira de Entomologia, 2005.

PETERSEN, R. C. et al. The RCE: A riparian, channel, and environmental inventory for

small streams in agricultural landscape. *Freshwater Biology*, 1992.

PINHEIRO, A. et al. Relação entre o uso do solo e a qualidade da água em bacia hidrográfica rural no Bioma Mata Atlântica. *Revista Brasileira de Recursos Hídricos*, v. 19, n. 3, p. 127-139, 2014.

RABURU, P. O. Water quality and the status of aquatic macroinvertebrates and ichthyofauna in River Nyando, Kenya. Tese de Doutorado. PhD thesis, Moi University, Kenya, 2003.

RIBEIRO, L. O.; UIEDA, V. S. Estrutura da comunidade de macroinvertebrados bentônicos de um riacho de serra em Itatinga, São Paulo, Brasil. *Revista Brasileira de Zoologia*, v. 22, n.3, p. 613-618, 2005. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0101-81752005000300013>

RODRIGUES, J. F. O rural e o urbano no Brasil: uma proposta de metodologia de classificação dos municípios. *Análise Social*, v. 49, n. 211, 2014.

ROSENBERG, D. M. et al. Introduction to freshwater biomonitoring and benthic macroinvertebrates. In: ROSENBERG, D.M., RESH, V.H., eds. *Freshwater biomonitoring and benthic macroinvertebrates*. New York, Chapman and Hall, 1993.

SALCEDO, I. H. et al. Matéria Orgânica do Solo no Bioma Caatinga. In: SANTOS, G. A. et al. *Fundamentos da matéria orgânica do solo: ecossistemas tropicais e subtropicais*. 2. ed. Porto Alegre: Metrópole, 2008.

SHIEL, R. J. et al. Floodplain biodiversity: why are there so many species? *Hydrobiologia*, 1998.

SILVA, M. L. P. et al. Avaliação Preliminar da Presença de Metais Traço, nas Águas do Riacho Mussuré e o Córrego de Mumbaba–João Pessoa–PB. *Revista Brasileira de Geografia Física*, v. 7, n. 04, p. 668-677, 2014.

SOININEN, J.; LUOTO, M. Is catchment productivity a useful predictor of taxa richness in lake plankton communities?. *Ecological Applications*, v. 22, n. 2, p. 624-633, 2012.

STRIXINO, S. T. et al. Larvas de Chironomidae: Guia de identificação. São Carlos: Lab. Entomologia Aquática/Ufscar, 2011. 371 p

SUMUDUMALI, R. G. I. et al. Uma revisão das abordagens de monitoramento biológico de ecossistemas aquáticos: com referência especial a macroinvertebrados e poluição por pesticidas. *Gestão Ambiental*, 2021.

TORRES, C. Y. R. Calidad del agua según variables fisicoquímicas y

macroinvertebrados bentónicos en la microcuenca del río Chucchun. Revista del Instituto de investigación de la Facultad de minas, metalurgia y ciencias geográficas, v. 26, n. 51, p. e24158-e24158. 2023.

VON SPERLING, M. Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos. 3 ed. Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental – UFMG, 243 p. 2005.

WALLEY, W. J.; HAWKES, H. A. A computer-based development of the Biological Monitoring Working Party score system incorporating abundance rating, site type and indicator value. Water research, v. 31, n. 2, p. 201-210, 1997.

WETZEL, R. G. Limnologia. Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian, 919 p ,1993.